

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2013 4
Vol.18 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2013 年 4 月 第 18 卷 第 4 期(总第 204 期)

目次

综述

车载视觉系统中的行人检测技术综述 许腾,黄铁军,田永鸿(359)

图像处理和编码

利用边缘匹配矢量量化和变率编码的高嵌入效率信息隐藏 王凌飞,潘志斌,邓晓曼,胡森(368)

小波变换和 SHA-1 相结合的图像压缩加密 李园园,张绍武(376)

图像分析和识别

基于 Haar 纹理的非结构化道路消失点检测 王永忠,文成林(382)

多种人群密度场景下的人群计数 覃勋辉,王修飞,周曦,刘艳飞,李远钱(392)

计算机图形学

大规模散乱点的 k 邻域快速搜索算法 杨军,林岩龙,王阳萍,王小鹏(399)

三角 Bézier 曲面的几何约束形变 陈军(407)

遥感图像处理

面向测绘任务的光学遥感影像质量分级评定 王昱,时红伟,胡闻达(415)

采用高斯归一化水体指数实现遥感影像河流的精确提取 沈占锋,夏列钢,李均力,骆剑承,胡晓东(421)

地理信息技术

图层约束下的点状自然灾害风险地图综合 潘东华,王静爱,贾慧聪,袁艺(429)

模板阴影体扩展方法 曹雪峰,万刚,李锋,李明(436)

“第 9 届中国计算机图形学大会”专栏

利用 SIFT 特征的非对称匹配图像拼接盲检测 杜振龙,杨凡,李晓丽,郭延文,沈钢纲(442)

视觉感知的图像和视频抽象 宋杰,徐丹,时永杰(450)

局部线性模型优化的灰度图像彩色化 厉旭杰,赵汉理,黄辉(460)

分区域去运动模糊 张璐,盛斌,马利庄(467)

脑血管体绘制的快速表意式增强 吴腾飞,骆岩林,田云,武仲科,闫建平(476)

第七届国际图象图形学学术会议征文通知 封 3

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 18 No. 4 April 2013

Contents

Review

Survey on pedestrian detection technology for on-board vision systems Xu Teng, Huang Tiejun, Tian Yonghong(359)

Image Processing and Coding

Highly efficient information hiding using SMVQ-compressed images and variable length coding
..... Wang Lingfei, Pan Zhibin, Deng Xiaoman, Hu Sen(368)

Image compression and encryption based on DWT and SHA-1 Li Yuanyuan, Zhang Shaowu(376)

Image Analysis and Recognition

Vanishing point detection of unstructured road based on Haar texture Wang Yongzhong, Wen Chenglin(382)

Counting people in various crowded density scenes using support vector regression
..... Qin Xunhui, Wang Xiufei, Zhou Xi, Liu Yanfei, Li Yuanqian(392)

Computer Graphics

Fast algorithm for finding the k -nearest neighbors of a large-scale scattered point cloud
..... Yang Jun, Lin Yanlong, Wang Yangping, Wang Xiaopeng(399)

Shape modification of triangular Bézier surfaces with geometric constraints Chen Jun(407)

Remote Sensing Image Processing

Optical image quality grading assessment orienting to surveying & mapping mission requirements
..... Wang Yu, Shi Hongwei, Hu Wenda(415)

Automatic and high-precision extraction of rivers from remotely sensed images with Gaussian normalized water index
..... Shen Zhanfeng, Xia Liegang, Li Junli, Luo Jiancheng, Hu Xiaodong(421)

Geoinformatics

Generalization for point features in risk mapping of natural hazards based on layer constraint
..... Pan Donghua, Wang Jing'ai, Jia Huicong, Yuan Yi(429)

Extension method of stencil shadow volume Cao Xuefeng, Wan Gang, Li Feng, Li Ming(436)

Issum of Chinagraph'2012

Fogery image blind detection by asymmetric search based on SIFT
..... Du Zhenlong, Yang Fan, Li Xiaoli, Guo Yanwen, Shen Ganggang(442)

Visual perception based image and video abstraction Song Jie, Xu Dan, Shi Yongjie(450)

Local linear model optimization based grayscale image colorization Li Xujie, Zhao Hanli, Huang Hui(460)

Motion deblurring based on image segmentation Zhang Lu, Sheng Bin, Ma Lizhuang(467)

Fast illustrative enhancements on volume rendering of cerebral vessel
..... Wu Tengfei, Luo Yanlin, Tian Yun, Wu Zhongke, Yan Jianping(476)

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)04-0442-08

论文引用格式: 杜振龙, 杨凡, 李晓丽, 郭延文, 沈钢纲. 利用 SIFT 特征的非对称匹配图像拼接盲检测[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(4): 442-449.

利用 SIFT 特征的非对称匹配图像拼接盲检测

杜振龙¹, 杨凡¹, 李晓丽¹, 郭延文², 沈钢纲¹

1. 南京工业大学电子与信息工程学院, 南京 210009; 2. 南京大学软件新技术国家重点实验室, 南京 210000

摘要: 复制粘贴伪造图像鉴定检测图像中的疑似相似区域。传统的逐像素或逐块的鉴定方式耗时冗长。提出一种利用 SIFT(尺度不变特征转换)特征的非对称搜索的复制粘贴伪造图像盲检测算法, 算法利用图像 SIFT 特征初步定位复制粘贴伪造疑似区域, 利用非对称特征搜索方式进行方向性的特征匹配, 准确定位复制粘贴伪造区域。实验结果表明, 本文算法能够准确检测复制粘贴伪造区域, 检测结果不受高斯、椒盐等噪声的影响, 检测效率比传统算法提高了 1~2 个数量级。

关键词: SIFT 特征; 非对称匹配; 图像伪造; 图像拼接; 盲检测

Fogery image blind detection by asymemetric search based on SIFT

Du Zhenlong¹, Yang Fan¹, Li Xiaoli¹, Guo Yanwen², Shen Ganggang¹

1. College of Electronics and Information Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China;
2. State Key Laboratory of Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210000, China

Abstract: The identification of copy-paste forgery image is to find the suspicious region via pixel-by-pixel or block-by-block match, the computation costs is very heavy. An efficient blind forgery image detection approach based on scale-invariant feature transform (SIFT) is proposed in the paper, which employs SIFT keypoints for positioning the initial suspicious forgery region. The asymmetric search is exploited for refining the suspicious region and determining the forgery area. Experiments demonstrate that the proposed algorithm could significantly decrease the number of candidate search block, accurately identify the copy-paste forgery region regardless of the existence of gauss, salt and pepper noise, and the computational cost is reduced by 1~2 orders of magnitude with compare to the conventional methods.

Key words: scale-invariant feature transform; asymmetric match; copy-paste forgery; image splicing; blind detection

0 引言

图像的复制粘贴伪造^[1-2]是图像伪造的基本操作, 将一幅图像的部分区域通过复制粘贴操作覆盖

至另一区域, 很难用人眼直接识别出来。因此, 其检测方法是当前国内外伪造图像盲检测研究^[1-3]的热点。复制伪造区域来自于原图像, 其像素值、灰度直方图、噪声成分、图像的统计特征等与原图像具有很高的相似性, 因而可通过寻找图像中相似区域来检

收稿日期: 2012-09-04; 修回日期: 2012-12-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(61073098); 教育部高等学校博士点基金项目(20113221120003); 江苏省六大人才高峰基金项目(2012-WLW-023); 江苏省自然科学基金项目(BK2009081); 江苏省科技支撑计划项目(SBE201077457); 江苏省高校自然科学基金项目(09KJB520006, 11KJD520007); 南京大学软件新技术国家重点实验室开放基金项目(KFKT2008B15); 东南大学计算机网络和信息集成教育部重点实验室项目(K93-9-2010-04)

第一作者简介: 杜振龙(1971—), 男, 副教授, 2007年于浙江大学获计算机科学与技术专业工学博士学位, 主要研究方向为可信媒体认证、计算机图形学、机器学习等。E-mail: duzh@njut.edu.cn

测图像的复制粘贴伪造区域。

传统的复制粘贴伪造检测采用逐像素方式进行搜索相似区域,耗时冗长。Fridrich 等人^[3]把对像素的比较转化为对图像块的比对,对图像块的 DCT(离散余弦变换)量化系数按字典排序进行比较,检测图像的复制粘贴伪造区域,减少了伪造检测的时空复杂度。Popescu 等人^[4]对图像块组成的矩阵进行主成分分析,用滑窗法对图像块进行比较操作。Li 等人^[5]提取小波低频图像特征并进行 SVD(singular value decomposition)分解,对图像奇异值特征矩阵进行字典排序,减少了搜索伪造块的运算量,但搜索疑似区域仍十分耗时。Wang 等人^[6]提出利用圆形模板对图像分块的方法来检测带仿射变换的伪造区域,并利用高斯金字塔方法加速检测速率,可检测简单旋转变换后的复制粘贴伪造区域。

复制粘贴伪造的盲检测包括特征描述和特征匹配。检测的精确度主要依赖于特征描述,检测的快慢决定于特征匹配所用时间。SIFT(尺度不变特征变换)算法提取图像的局部特征向量,其特征描述符具有平移、缩放和旋转不变性,对光照、仿射、投影变换及噪声具有高抗性。因此,使用 SIFT 特征为图像特征描述符。

逐像素搜索法是典型的匹配比较方法,其优点是算法简单,易于实现,但运算量巨大。通过将图像分块,提取图像块特征,比较块特征的相关性检测复制粘贴伪造的方法可在一定程度上提高检测效率,但却容易忽略块与块边界点以及邻域图像块的相关性。为了提高检测精确性及检测速率,提出一种利用非对称搜索进行特征匹配的复制粘贴伪造检测算法。非对称搜索模板由以像素点为中心对称的 4 对椭圆区域组成,根据当前的检测结果确定下一个检测位置。本文算法既减少了搜索区域范围,又能精确定位复制粘贴区域。

1 SIFT 特征

SIFT 算法是由 Lowe^[7]在 1999 年提出的,是一种全新的基于尺度空间、不依赖于图像平移、缩放、旋转等仿射变换的图像局部特征描述算子。SIFT 特征提取包括极值点检测和特征向量描述符计算。

1.1 极值点检测

图像 $I(x, y)$ 的高斯尺度图像为^[6]

$$L(x, y, d) = G(x, y, d) * I(x, y) \quad (1)$$

式中, $G(x, y, d)$ 为高斯核函数, d 为尺度空间因子。SIFT 算法利用高斯尺度空间构建高斯差分尺度空间(DOG)。高斯尺度空间由高斯尺度图像组成,高斯差分尺度空间由高斯差分尺度图像构成。高斯差分尺度图像为

$$D(x, y, d) = (G(x, y, kd) - G(x, y, d)) * I(x, y) = L(x, y, kd) - L(x, y, d) \quad (2)$$

式中, k 为相邻层图像的平滑因子之比。

SIFT 把每一像素点与其所在阶上下相邻层图像的 9×2 个像素值以及该像素点周围的 8 个像素值比较,若该待检测点的像素值大于或小于所有与其比较的 26 个像素值,那么该待测点为极值点,这种检测方式确保在尺度空间和图像空间都能检测到局部极值。

由于 DOG 值对噪声和边缘比较敏感,因此需要对检测到的极值点进行过滤,去除对比度低的极值点和不稳定的边缘响应极值点。对比度低的极值点一般位于图像的平滑区域,这些区域中像素值差异很小,因此在该区域内检测到的极值点不足以作为图像的特征点。不稳定的边缘响应极值点多位于图像边界,不能很好地代表物体特征。

1.2 特征向量描述符

SIFT 算子描述符是基于梯度的直方图向量,包括主方向和特征向量。

1) 主方向确定

利用局部特征点所在圆形区域内的邻域像素来计算该特征点的梯度幅度 $m(x, y)$ 和方向 $\theta(x, y)$, 即

$$m(x, y) = [(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)} \right) \quad (4)$$

局部特征点的主方向采用直方图的方式确定。直方图以 10° 圆周为一个单元,共 36 个单元。统计圆形区域中所有像素点的梯度方向分布,按大小归类于直方图相应单元中。像素点对单元直方图的贡献权值为该点梯度幅值 $m(x, y)$ 和对应高斯权值的乘积。直方图的最大峰值方向为该点的主方向。

一个点可能具有一个主方向和多个辅方向,一个主方向辅以多辅方向的方式增强了特征的方向性描述能力。辅方向的检测方法是把最大峰值与其他方向值进行比较,若某一方向的值大于或等于峰值的 80%,则定义该方向为该点的辅方向。

2) SIFT 特征向量

在以局部特征点为中心的正方形区域内计算梯度方向直方图。把正方形划分为 4×4 的 16 个小正方形,统计每个小正方形区域内 8 个角度方向的梯度方向直方图,形成一个 8 维描述向量,整个正方形区域内生成一个 $4 \times 4 \times 8 = 128$ 维的 SIFT 特征向量。SIFT 的邻域方向性信息联合方式增强了特征描述算子的抗噪能力,同时对于含有错误定位的特征匹配提供了较好的容错性。因此,SIFT 特征描述符具有尺度变化不变性、旋转不变性等优良性质。

2 利用 SIFT 特征的非对称匹配和搜索

图像伪造检测最终归结为基于特征的模式匹配问题。逐像素比较法是最基本的搜索方法,即将图像中所有像素点的特征进行两两比较,将相似度大于设定阈值的像素点对作为相似区域的候选点。这种搜索方式操作简单,对尺寸较小、特征较简单的图像检测效果较好。但对于大尺寸图像或者特征维数很高时,会出现计算时间长、检测率低的问题。把图像分块,取图像块特征匹配的方法降低了逐像素搜索法的计算量,但忽略了图像块边界像素与其邻域的相关性,多分块方式又易导致无法检测到复制粘贴区域。为了提高检测的准确率和稳定性,加速特征匹配和搜索的效率,引入非对称匹配的搜索方式。

2.1 非对称搜索模板

文献[6]采用对称方法——圆方式对图像分块,提取区域特征,将特征相似度大于阈值且图像块间距、图像块面积都大于所设阈值的区域作为复制粘贴伪造区域。但该方法仍然存在不足:设定了相似度阈值 T_s 、距离阈值 T_d 和面积阈值 T_a 3 个阈值,其中 T_s 和 T_d 都是经验估计值,阈值取值对不同图像差异较大,影响检测的准确性;另外该检测方法所选特征简单,且所采用逐图像块比较匹配方式,计算量大、检测速率慢。为此,提出一种新的特征匹配方式,即利用非对称搜索模板匹配进行复制粘贴伪造图像检测。

如图 1 所示,非对称模板由以像素点 P 为中心点的 4 对椭圆 (A_1, A_2)、(B_1, B_2)、(C_1, C_2)、(D_1, D_2) 的特征构成。非对称模板的每一对椭圆(同一颜色标注)构成一个检测方向,当前检测点 P 的 4 个检测方向的特征判定情况决定了如何选取下一检测位置。把非对称特征覆盖的区域称为非对称区域。

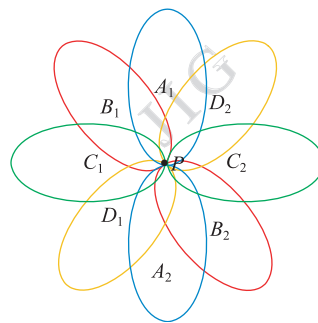


图 1 非对称特征模板

Fig. 1 Asymmetric feature template

在进行复制粘贴伪造检测时,根据待检测像素点对所在非对称区域中相似椭圆的个数来判断该点是否为复制粘贴伪造区域中的点、以及该点对在复制粘贴区域中的位置。把复制粘贴区域中的点分为内点和边界点,内点又分为全内点和半内点,如图 2 所示。设黑色边界线为复制粘贴区域的边界,阴影区域为复制粘贴区域,非对称区域的中心点为待检测像素点。待检测像素点分为边界点、半内点和全内点 3 类。如图 2 所示,非对称区域中至少有一个椭圆、至多有 3 个椭圆完全在复制粘贴区域中的点为边界点(图 2(a))。非对称区域中至少有 3 个椭圆完全包含在待检测图像区域中的点为内点(图 2(b)(c))。非对称区域至多有 3 个椭圆包含在复制粘贴伪造区域,称 P 点为半内点(图 2(b));而所有椭圆都包含在伪造区域时,则称 P 点为全内点(图 2(c))。

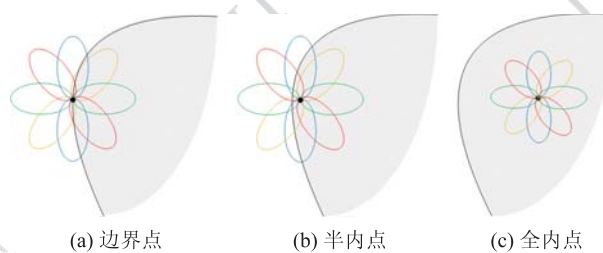


图 2 内点和边界点

Fig. 2 Inner point and boundary point

2.2 非对称匹配搜索

非对称搜索利用当前检测点的位置判定情况决定搜索方向及下一个待检测点,包括根据非对称模板的椭圆数目判定当前点类型,判定非对称模板中哪些椭圆位于复制粘贴伪造区域,及下一个待检测点的取舍。

设 P_1, P_2 为待检测点,其非对称区域为 M_1, M_2 ,利用非对称搜索时会出现全内点、半内点、边界点和非复制粘贴区域点 4 种情况。

1) 全内点匹配

若 M_1 、 M_2 中所有椭圆的相似度均大于阈值,说明 P_1 、 P_2 为复制粘贴区域的全内点,这两个区域内所有像素点分别位于复制区域和粘贴区域。将非对称搜索模板中与 P_1 、 P_2 距离最远的点对作为下一步待检测点,如图 3 所示。这种匹配方式减少了匹配次数,提高了匹配速率。同时,相邻两次检测区域有重叠,保证了检测的完整性和连续性。

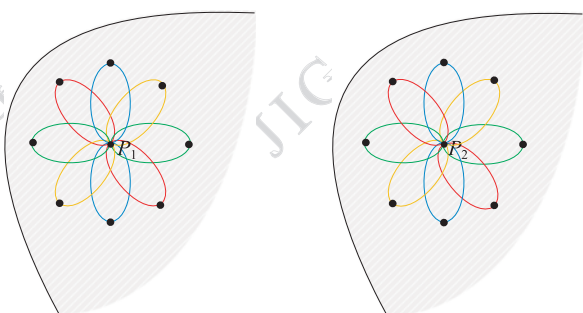


图3 全内点匹配方式

Fig. 3 Total inner point match

2) 半内点匹配

若 M_1 、 M_2 中存在多于 3 个且少于 8 个椭圆的相似度大于阈值,说明 P_1 、 P_2 为相似区域的半内点,相似椭圆内所有像素点分别为复制区域和粘贴区域的内点。将非对称搜索模板中与 P_1 、 P_2 距离最远的点对作为下一步检测的目标点,如图 4 所示。

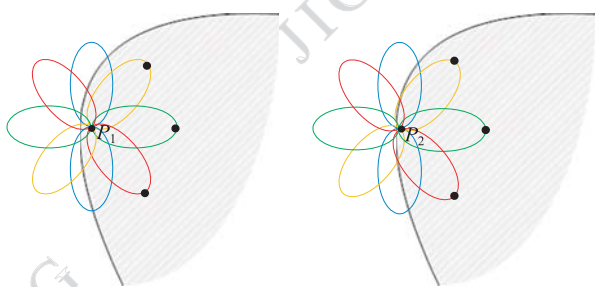


图4 半内点匹配方式

Fig. 4 Half inner point match

3) 边界点匹配

若 M_1 、 M_2 中存在多于 1 个并且少于 3 个椭圆的相似度大于阈值,说明 P_1 、 P_2 为相似区域的边界点,相似椭圆内所有像素点分别为复制区域和粘贴区域的内点。将相似椭圆中与 P_1 、 P_2 距离最远的点对作为下一步检测的目标点,如图 5 所示。

4) 非复制粘贴区域点

若 M_1 、 M_2 中所有椭圆的相似度都小于阈值,说

明 P_1 、 P_2 不是相似区域中的点,如图 6 所示,取消对该点的扩展检测。

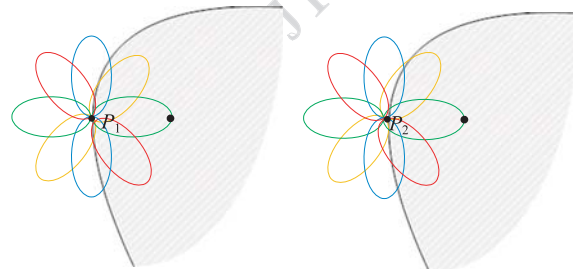


图5 边界点匹配方式

Fig. 5 Boundary point match

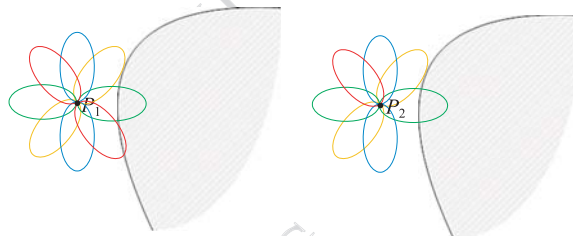


图6 非复制粘贴区域点

Fig. 6 Non copy-paste region point match

综上所述,非对称搜索模板是具有方向性的搜索匹配。使用非对称搜索模板进行特征匹配,只需提供一个相似度阈值 T_s ,就能够准确定位检测点及其所属类型、确定非对称搜索模板中哪些像素位于伪造区域,并且只需确定少量复制粘贴区域的相似点对,就可找到完整的复制粘贴伪造区域。

2.3 非对称匹配和搜索算法

非对称匹配和搜索算法输入图像搜索复制粘贴伪造区域,输出复制粘贴检测结果掩码图像。算法主要包括 SIFT 特征点计算、复制粘贴疑似伪造区域确定和复制粘贴区域确定。

非对称匹配和搜索算法

输入 图像 I 。

输出 复制、粘贴伪造检测结果图像 I_m 。

1) 检测 SIFT 极值点,计算 SIFT 特征向量。

2) 用 RANSAC (random sample consensus) 算法匹配 I 的 SIFT 特征点,生成点集 C 和 P 。把 C 的所有点加入到搜索队列 L 。

3) while L 非空

(1) $P_1 \leftarrow$ 取 L 首元素;

(2) $P_2 \leftarrow P_1$ 在 P 内的对应点;

(3) 判断 P_1 和 P_2 的非对称模板的匹配椭圆个数

If 全内点匹配或半内点匹配

把每个匹配椭圆中与 P_1 最远的点加入 L ;
 在 I_m 中标记 P_1 和 P_2 的非对称搜索模板所覆盖区域;
 从 L 中移除 P_1 ;
 End if
 If 边界点匹配
 在 I_m 中标记 P_1 和 P_2 的非对称搜索模板匹配的椭圆的覆盖区域;
 从 L 中移除 P_1 ;
 End if
 If 非复制粘贴区域点
 从 L 中移除 P_1 ;
 End if
 End while

算法中 L 是用于存放起始 SIFT 特征点及其扩展点的临时队列, C 和 P 是用文献[7]算法生成的匹配点集。算法根据非对称搜索模板的匹配情况从 4 种搜索方式中选择其一种, 标记复制粘贴区域, 扩展搜索点。

3 利用 SIFT 特征的非对称搜索的复制粘贴伪造图像盲检测

应用所提出的利用 SIFT 特征的非对称匹配搜索伪造图像盲检测算法进行图像复制粘贴伪造检测, 主要检测步骤包括 SIFT 特征点提取、搜索疑似区域和精确确定相似区域。以图 7 为例, 其 SIFT 特征图像如图 8 所示。



(a) 真实图像

(b) 伪造图像

图 7 复制粘贴伪造图像

Fig. 7 Copy-paste forgery image

3.1 SIFT 特征点提取

利用 SIFT 算法计算图像所有关键点特征向量。如图 8 所示。图中箭头长度表示 SIFT 幅值, 箭头所指方向表示 SIFT 主方向。



图 8 SIFT 特征点

Fig. 8 SIFT feature point

3.2 疑似区域定位

复制粘贴操作在图像中产生相似度很高的两部分区域, 因此把 SIFT 特征点的特征向量进行比较, 相似度大于阈值 T_1 的点对为复制粘贴疑似区域的待检测点, 如图 9 所示。实验中设定检测到的相似点对之间的欧氏距离须大于 10 个像素以剔除区域附近的特征点。

图 9 显示的是经过冗余特征点剔除后剩余的 SIFT 特征点, 具有如下特点:

- 1) 有的特征点并不完全位于复制粘贴区域;
- 2) 平滑区域无特征点;
- 3) 疑似区域存在需进一步验证的点对, 如图 9 中青色圆圈标记中的点;
- 4) 特征点对仅能离散标记复制粘贴区域, 需进一步精确定位伪造区域。



图 9 疑似区域初步定位图像

Fig. 9 Preliminary location of suspicious regions

SIFT 特征点离散地指出了疑似伪造区域的位置,对这些特征点采用非对称搜索可确定复制粘贴伪造区域位置。

3.3 伪造区域准确定位

利用所提的非对称匹配检测算法对复制粘贴区域进行精确检测定位。利用非对称搜索算法对疑似区域进行判定,确定复制粘贴伪造区域。并根据当前检测结果以非对称方式扩展搜索区域,直至所有 SIFT 特征点被检测。图 8 的检测结果如图 10 所示,白色区域为检测到的复制粘贴区域。

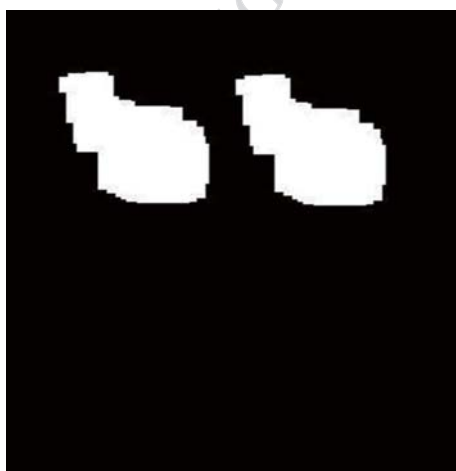


图 10 复制粘贴伪造检测结果

Fig. 10 Copy-paste forgery image detection result

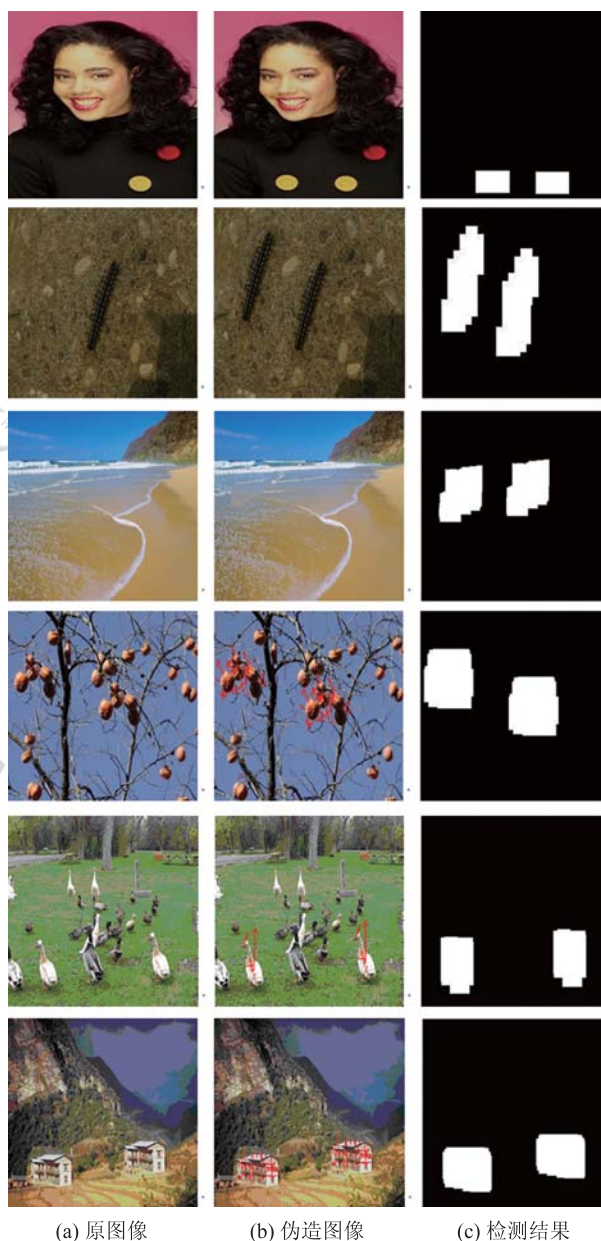
4 仿真结果与比较

在 MATLAB 7.1 环境下实现本文算法。相关参数选择如下:阈值 $T_1 = 0.85$;为了便于编程,非对称搜索模板的椭圆区域用半径为 4 的圆区域代替。

图 11 给出了 6 组利用本文算法进行复制粘贴伪造盲检测的结果。检测结果图中白色区域为检测到的复制和粘贴区域。

为了验证本文算法具有抗噪性和不受亮度变化影响,对实验图像分别进行加入高斯噪声、椒盐噪声和亮度改变之后,用本文算法再次进行检测。实验结果如图 12 所示。

图 12(b) 为复制粘贴伪造图像、SIFT 关键点所标注的疑似伪造区域图像和检测结果,图 12(c) 为对原图像进行复制粘贴伪造操作后加入高斯噪声的图像、SIFT 关键点所标注的疑似伪造区域图



(a) 原图像

(b) 伪造图像

(c) 检测结果

图 11 实验结果

Fig. 11 The experiment results

像和检测结果,图 12(d) 为对原图像进行复制粘贴伪造操作后加入椒盐噪声的图像、SIFT 关键点所标注的疑似伪造区域图像及其检测结果,图 12(e) 为对原图像进行复制粘贴伪造操作后,把伪造图像转化为灰度图像,并改变图像亮度得到的图像、SIFT 关键点所标注的疑似伪造区域图像及检测结果。通过比较 4 组 SIFT 关键点所标注的疑似图像及检测结果图像可知,图像加入噪声和改变图像亮度会影响 SIFT 特征点的检测结果,但对本文算法检测结果无影响。

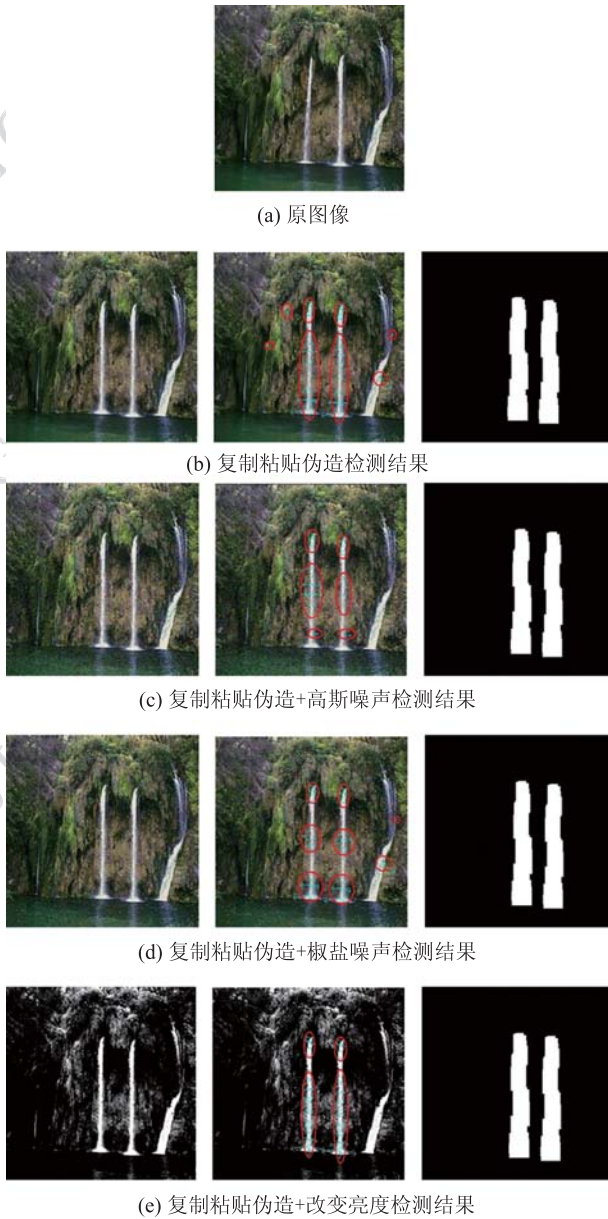


图 12 各种伪造后处理操作的检测

Fig. 12 Detection of post processing after forgery manipulation

本文算法解决了 SIFT 算法在纹理平滑区域特征点较少、无法精确提取特征点的弊端,且只需少量 SIFT 特征点即可检测出完整的复制粘贴伪造区域。

文献[6]算法属于主动型伪造检测,伪造区域检测前需提供复制的伪造区域。本文算法是被动型盲检测,检测过程无需给定复制的源区域。

文献[6]算法与本文算法的复制粘贴伪造检测效果比较如图 13 所示,图 13(a)的伪造图像由复制区域直接粘贴及旋转后再粘贴生成。从图 13(b)(c)可以看出,文献[6]和本文算法在提供复制区域(伪造源)的情况下,都能检测出图像伪造区域,本文算法

能检测出带仿射变换的伪造区域。而两种算法在盲检测方面效果差异非常大,本文算法利用 SIFT 特征非对称搜索的复制粘贴伪造盲检测能鲁棒地检测出伪造区域,而文献[6]算法则未能较好地检测出伪造区域。

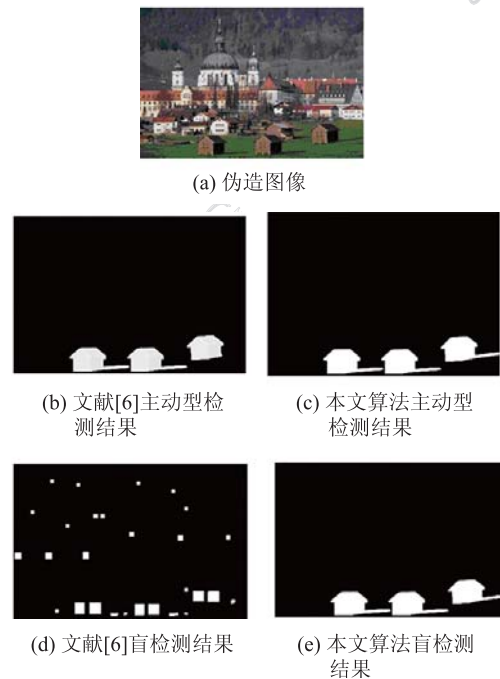


图 13 主动检测与盲检测的比较

Fig. 13 Compare of Active and Blind Forgery Detection

为了进一步说明本文算法在计算效率方面的改善程度,把文献[6]算法、逐 SIFT 关键点搜索算法及本文算法进行了比较,实验图像大小为 256×384 。表中 S 为复制粘贴区域的像素点总数, $S > 836 (0.85 \times 256 \times 384)$ 。从表 1 可知,本文算法最多需检测 S 个像素,但运行时间却远远少于文献[6]和逐 SIFT 关键点搜索算法所用时间。

表 1 算法比较

Table 1 Algorithm Comparison		
	比较块数	所用时间/s
文献[6]算法	10 668	336
逐 SIFT 关键点搜索	88 320	1 560
本文算法	$S/8$	70

5 结 论

提出一种利用 SIFT 特征的非对称搜索的复制

粘贴伪造图像盲检测算法。算法先提取 SIFT 特征点,搜索特征向量相似的关键点对,标注出复制粘贴伪造疑似区域;然后非对称地搜索复制粘贴伪造区域,有方向地扩展寻找下一位置,判断特征点在复制粘贴区域中的位置类型,从而精确定位复制粘贴伪造区域。

传统匹配方法通常是把图像每个比较对象的特征与其余部分的特征都进行匹配,相似度大于阈值的两区域作为复制粘贴区域,计算量大。本文算法把 SIFT 关键点和非对称搜索结合起来确定复制粘贴伪造区域。实验结果表明,本文算法有效降低了比较对象数目,检测效率比传统逐像素和文献[6]算法快了1~2个数量级。

参考文献 (References)

- [1] Bravo M J, Farid H. Diagnostic features are prominent in object representations[J]. *Journal of Vision*, 2011, 11(11): 865. [DOI: 10.1167/11.11.865]
- [2] Farid H. A survey of image forgery detection[J]. *IEEE Signal Processing Magazine*, 2009, 26(2): 16-25. [DOI: 10.1109/MSP.2008.931079]
- [3] Pevny T, Fridrich J. Merging Markov and DCT features for multi-class JPEG steganalysis[C]// Delp E, Wong P. *Proceedings of Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents IX*. Washington: SPIE Press, 2006: 6505(3): 1-13. [DOI: 10.1117/12.696774]
- [4] Popescu A C, Farid H. Exposing digital forgeries by detecting duplicated image regions, TR 2004-515[R]. Hanover, USA: Dartmouth College, 2004.
- [5] Li G H, Wu Q, Tu D, et al. A sorted neighborhood approach for detecting duplicated regions in image forgeries based on DWT and SVD[C]//*Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*. Piscataway, New Jersey: IEEE Press, 2007: 1750-1753. [DOI: 10.1109/ICME.2007.4285009]
- [6] Wang J, Liu G, Li H, et al. Detection of image region duplication forgery using model with circle block[C]// *Proceedings of International Conference on Multimedia Information Networking and Security*. Piscataway, New Jersey: IEEE Press, 2009: 25-29. [DOI: 10.1109/MINES.2009.142]
- [7] Lowe D G. Object recognition from local scale-invariant features [C]//*Proceedings of the 7th International Conference on Computer Vision*. Piscataway, New Jersey: IEEE Press, 1999: 1150-1157. [DOI: 10.1109/ICCV.1999.790410]
- [8] Lindeberg T. Scale-space theory: a basic tool for analyzing structures at different scales[J]. *Journal of Applied Statistics*, 1994, 21(2): 224-270. [DOI: 10.1080/757582976]
- [9] Li S H, Zhang A X, Zheng S Y, et al. Detection of copy-move image forgeries based on SIFT[J]. *Journal of PLA University of Science and Technology*. Natural Science Edition, 2009, 10(4): 339-343. [李生红, 张爱新, 郑双燕, 等. 基于 SIFT 的图像复制粘贴遮盖篡改检测技术[J]. 解放军理工大学学报: 自然科学版, 2009, 10(4): 339-343.]